

?S PN=63152147

S4 1 PN=63152147
?T 4/7

4/7/1

DIALOG (R) File 347: JAP10

(c) 1995 Patent Information Organization. All rts. reserv.

02535247

ALUMINUM ALLOY WIRING

PUB. NO.: 63-152147 [JP 63152147 A]

PUBLISHED: June 24, 1988 (19880624)

INVENTOR(s): KUBOKOYA RYOICHI

HIGUCHI YASUSHI

KAWAMOTO KAZUNORI

APPLICANT(s): NIPPON DENSO CO LTD [000426] (A Japanese Company or Corporation), JP (Japan)

APPL. NO.: 61-300725 [JP 86300725]

FILED: December 17, 1986 (19861217)

ABSTRACT

PURPOSE: To contrive to reduce the generation of Al voids in an Al alloy wiring comprising Al as its main component by a method wherein the crystal material of the wiring is mainly orientated to a 111 face.

CONSTITUTION: A field insulating film 101 is formed on an Si substrate 100 and a PSG film 102 is formed thereon in a way that a wiring is electrically connected to the substrate 100. Then, a first Al-Si wiring 103 is formed on the film 102 or the substrate 100. At that time, the crystal grains of the crystal face consisting of an Al-Si alloy are orientated to a 111 face by controlling the heating temperature to the substrate at the time of sputtering, Ar gas pressure, the deposition rate of the Al-Si alloy and the kind, amount and so on of residual gas. Then, a PSG film 104 is formed in such a way as to cover the upper part of the wiring 103. Then, a second Al-Si wiring 105 is formed like the wiring 103 so as to be connected electrically with the wiring 103 at the contact part. In such a way, as the crystal faces of the wirings 103 and 105 are mainly orientated to the 111 face, the movement of Al atoms for relaxing the internal stress is inhibited and the generation of Al voids can be reduced.

⑬ 日本国特許庁(JP)

⑭ 特許出願公開

⑯ 公開特許公報(A)

昭63-152147

⑮ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑰ 公開 昭和63年(1988)6月24日

H 01 L 21/88

N-6708-5F

審査請求 未請求 発明の数 2 (全9頁)

⑱ 発明の名称 アルミニウム合金配線

⑲ 特 願 昭61-300725

⑳ 出 願 昭61(1986)12月17日

特許法第30条第1項適用 昭和61年9月27日 (社)応用物理学会発行の「第47回応用物理学会学術講演会予稿集」に発表

㉑ 発 明 者 窪 小 谷 良 一 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電装株式会社内
㉒ 発 明 者 樋 口 安 史 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電装株式会社内
㉓ 発 明 者 川 本 和 則 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電装株式会社内
㉔ 出 願 人 日本電装株式会社 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
㉕ 代 理 人 弁理士 岡 部 隆

明 細 書

1. 発明の名称

アルミニウム合金配線

2. 特許請求の範囲

(1) 基板上に電気的接続手段として形成され、その主な成分がアルミニウムであるアルミニウム合金配線において、その結晶面を主に(111)面に配向した事を特徴とするアルミニウム合金配線。

(2) 前記結晶面は、X線回折による(111)面における回折強度が、他の面の回折強度より大きくなるように配向している特許請求の範囲第1項記載のアルミニウム合金配線。

(3) 前記結晶面は、X線回折による(111)面における回折強度を I_m 、他の面の回折強度のうちで最も大きいものを I_{\dots} とした場合、

$$I_m / I_{\dots} \geq 2$$

を満足するように配向している特許請求の範囲第2項記載のアルミニウム合金配線。

(4) 基板上に電気的接続手段として形成され、その主な成分がアルミニウムであるアルミニウム合金配線において、その結晶面を主に(111)面に配向し、さらにその粒径を ℓ 、配線幅を W とした場合、

$$\frac{W}{14} < \ell < W$$

を満足するように前記粒径が調整されている事を特徴とするアルミニウム合金配線。

(5) 前記粒径と前記配線幅との関係が、

$$\frac{W}{4} < \ell < \frac{W}{1.5}$$

を満足するように前記粒径が調整されている特許請求の範囲第4項記載のアルミニウム合金配線。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明はLSI等に形成されるアルミニウム合金配線に係り、微細化する際に配線内に生じる欠

孔(以下「A₂ポイド」という)を低減可能なアルミニウム合金配線に関する。

(従来の技術)

近年、素子の高集積化に伴い、微細化や多層化が必須の技術となっており、微細化するにつれてアルミニウム合金配線の線幅も細く設計され、その線幅が2〜3μm以下になるとアルミニウム合金配線内にアルミニウム(A₂)ポイドが発生する。又、多層化によっても種々の薄膜を重ねるために素子の内部構造にストレスが加えられ前述したA₂ポイドが発生する。そしてこのA₂ポイドが大きくなると、信頼性上非常に大きな問題となってくる。例えば、アルミニウム合金配線の断線、アルミニウム合金配線の断面積の減少による配線抵抗の増大、発熱による素子破壊、動作スピードの遅延、大電流を通電した時にエレクトロマイグレーションが起こる、等である。

このA₂ポイドは、パッシベーション膜等からの引っ張り応力がアルミニウム合金配線に加わり

結晶粒界にその応力が集中し、応力を緩和しようとしてA₂の原子が粒界から移動し始める為に結晶粒界から割れ目が広がってゆく事により発生するというモデルが考えられており、そこで従来では粒界でのA₂原子の移動を低減する為に、粒界に析出し易いCuを、A₂とSiの合金配線(以下、「A₂-Si配線」という)に混ぜる事によりA₂-Si-Cu配線を形成し、CuをA₂原子に対する障害物として作用させA₂原子の移動を抑制し、A₂ポイドの発生を抑制していた。

(発明が解決しようとする問題点)

しかしながら、従来のA₂-Si-Cu配線によると、A₂ポイドの発生をある程度は抑制できるものの、ポイド率 Δv にして30〜40%のA₂ポイドの発生は依然まぬがれる事ができず、よりA₂ポイドの発生を低減できるアルミニウム合金配線が望まれている。

尚、ここでいうポイド率 Δv とは第11図の斜視図に示すようにアルミニウム合金配線の線幅を

$$\frac{W}{14} < \Delta < W$$

を満足するように前記粒径が調整されている事を特徴とするアルミニウム合金配線を採用している。

(作用)

そこで本発明によると、結晶面を主に(111)面に配向した事により、(111)面はA₂原子が最密充填している面であるためにA₂原子は他のA₂原子によりその移動を抑制され、それによりアルミニウム合金配線の内部応力の緩和の為のA₂原子の移動が抑制されA₂ポイドの発生を低減する。

又、粒径を配線幅の1/14乃至1倍とする事により配線内に存在する粒界が少なくなり、その分、A₂原子の移動を抑制できるのでA₂ポイドの発生をより低減できる。

(実施例)

以下、本発明を図面に示す実施例を用いて詳細

W、最大ポイド幅を Δ とした場合、 $\Delta v = \Delta / W$ で表わされる値であり、言うまでもなくこのポイド率 Δv が小さい程、A₂ポイドの発生は抑制されている事になる。

そこで本発明は、アルミニウム合金配線の膜質を制御する事によりA₂ポイドの発生をより低減する事を目的としている。

(問題点を解決するための手段)

上記の目的を達成する為に、第1発明では、基板上に電気的接続手段として形成され、その主な成分がアルミニウムであるアルミニウム合金配線において、その結晶面を主に(111)面に配向した事を特徴とするアルミニウム合金配線を採用している。

又、第2発明では、基板上に電気的接続手段として形成され、その主な成分がアルミニウムであるアルミニウム合金配線において、その結晶面を主に(111)面に配向し、さらにその粒径を Δ 、配線幅をWとした場合、

に説明する。第1図は本発明の第1実施例を説明する為の半導体装置の断面図であり、図において100はシリコン基板、101はシリコン基板100上に部分的にシリコン窒化膜(Si₃N₄)を形成し、そのシリコン窒化膜をマスクとして熱酸化する事により形成されるフィールド絶縁膜としてのSiO₂である。そしてシリコン窒化膜を除去した後、蒸着あるいはCVD(Chemical Vapor Deposition)法により絶縁膜としての例えば第1のPSG(リンガラス)膜102を形成し、引続き、例えばスパッタリング法により第1のAl-Si配線103をその一部がシリコン基板100と電気接続するように形成する。

ここで、本実施例の要部である第1のAl-Si配線103は、まずスパッタリング法によりAl-Si合金の膜を第1のPSG膜102あるいはシリコン基板100上に形成する。その際、Al-Si合金の結晶面は、スパッタリング時の基板加熱温度、Arガス圧、Al-Si合金の堆積速度、残留ガスの種類、量等を制御する事により

ほとんどの結晶粒が(111)面に配向している。そして、そのAl-Si合金をエッチングする事により例えば線幅が2μmで、Al結晶粒の粒径がその線幅の約1/2である0.7μmの所定のパターンにし、その後、所定時間の熱処理を行う事により形成される。

尚、結晶面を(111)面に配向するために制御するものとして例えば基板加熱に注目すると、第5図(a)及び(b)のグラフに示すように、基板を加熱した場合(同図(a))には様々な結晶方位をもつものに対し、基板を加熱しない場合(同図(b))には主に(111)面に配向する。しかしながら基板を加熱しないとアルミニウム合金配線のステップカバレージが悪化し、又、Al結晶粒の粒径が非常に小さくなるのでSiが析出してしまい問題となってくる。従って、適当な基板温度にてスパッタリングする必要がある。

そして、この第1のAl-Si配線103上を覆うようにして蒸着あるいはCVD法により第2のPSG膜104を形成し、第1のAl-Si配

線103との電気接続をとる為のコンタクト部にあたる部分を部分的にエッチング除去する。次に、コンタクト部にて第1のAl-Si配線103と電気接続するようにして第2のAl-Si配線105を第1のAl-Si配線103と同様に形成し、最後に表面を安定化する為にプラズマCVD法等により例えばシリコン窒化膜等から成る表面保護膜106を形成する。尚、107は多結晶シリコンから成る配線層である。

そこで本実施例によると、Al-Si合金の堆積時における結晶面がほとんど(111)面に配向しており、前述したように(111)面が最密面である事からAl原子は他のAl原子によりその移動を抑制され、それによりアルミニウム合金配線の内部応力の緩和の為のAl原子の粒界までの移動が抑制されAlボイドの発生をほとんどなくする事ができるという効果がある。次に、以上の事を本発明者の実験結果に基づいて説明する。第4図は傾軸に角度位置2θ、縦軸に回折強度をとり、結晶面の配向性による回折強度の大きさとそ

の時のボイド率Vの値をあらわすグラフであり、第4図(a)が上記第1実施例の値である。尚、回折強度の大きさは例えば第10図の模式的上面図に示すようなディフラクトメーターにより計測した。このディフラクトメーターを簡単に説明すると、平板状試料10(本例の場合表面にはAl-Si合金が形成されている)が紙面に垂直な軸Oのまわりを回転する台11に取りつけられており、X線源としてのX線管12のターゲット13上の線状焦点14から出る発散X線をスリット15を介して平板状試料10によって回折した後、スリット16に焦点を結び、計数管17に入れるように構成しており、角度位置2θを一定角速度で増大する方向に移動させて走査する事により、その時に計数管17に入るX線の回折強度を計測するのである。尚、角度位置2θは目盛板18にて読み取る。

かかる装置を用いて本実施例の回折強度を測定した結果、第4図(a)のグラフに示すように、結晶面が(111)面にて回折強度が最も大きくなっ

ており、他の結晶面での回折強度は(200)面でわずかな値が測定されただけであり、(111)面の回折強度を I_m 、他の結晶面で最も大きい回折強度(この場合(200)面の回折強度)を I_{hkl} とした場合、 $I_m/I_{hkl} = 5.10$ となり、その時のボイド率 Δv は $\Delta v = 0\%$ という画期的な値であり、Al-Si合金をその結晶面をほとんど(111)面にする事でAlボイドの発生を略なくすることができるといふ優れた効果を有することになる。

第4図(b)はAl-Si合金をその結晶面が主に(111)面になるように配向した例であり、 $I_m/I_{hkl} = 2.1$ である。この例においてもボイド率 $\Delta v = 10\%$ でありAlボイドの発生を従来と比較してかなり低減できるという効果がある。

第4図(c)は参考として従来のAl-Si合金の値を示しており、様々な結晶方位をもっておりその回折強度は(220)面で最も大きく、 $I_m/I_{hkl} = 0.7$ 、 $\Delta v = 43\%$ である。

第8図に I_m/I_{hkl} とボイド率 Δv の関係を

あらわすグラフを示す。グラフからわかるように $I_m/I_{hkl} \geq 1$ であればボイド率 Δv は略30%以下となるのである程度の効果が得られ、 $I_m/I_{hkl} \geq 2$ であればボイド率 Δv は略10%以下となりかなりの効果が得られる。

尚、以上の発明における回折強度あるいは結晶面は、Al-Si配線の形成過程においてAl-Si合金の堆積時における値であるが、Al-Si配線形成後の回折強度あるいは結晶面を用いてもよい。第5図(b)及び(c)はそれぞれスパッタリング時に基板を加熱せずにSiを3%含むAl-Si合金を堆積した時における回折強度の値(同図(b))と、そのAl-Si合金にホットエッチング工程、熱処理工程を経た後における回折強度の値(同図(c))を示すグラフであり、熱処理後には(111)面における回折強度が若干小さくなっているものの、結晶面は依然主に(111)面に配向されておりこの時のボイド率 Δv も堆積時におけるボイド率 Δv と略同じである。

又、上記第1実施例によると、Al結晶粒の粒

径(以下「Al粒径」という)がAl-Si配線の線幅の約1/4であるので、Al-Si配線内の粒界を少なくする事ができ、その分、Al原子の移動を抑制できる。

第9図は本発明者の実験結果であり、Al粒径に対するボイド率 Δv の値を示すグラフである。グラフからわかるようにAl粒径がボイド率 Δv に対して大きな影響を与えておりAl粒径が大きい程、ボイド率 Δv は小さくなる。例えば本実験において下地材料はCVD法によるシリコン窒化膜、Al-Si配線の線幅は $3.6 \mu m$ であり、Al粒径が $0.8 \mu m$ つまり線幅の約1/4以上になるとボイド率 $\Delta v = 0\%$ になっている。又、Al粒径が $0.25 \mu m$ つまり線幅の約1/14以上になるとボイド率 Δv は30%以下となるのである程度の効果が得られる。ここで、Al粒径が大きすぎると結晶粒の粒界が配線を横切る可能性が生じ、逆にスリット状のAlボイドが発生してしまう。従って、Al粒径の上限は線幅と同程度であり、ある程度Alボイドの発生を抑える事ができるAl

粒径の範囲はAl粒径を ℓ 、線幅を W とした場合、

$$\frac{W}{14} < \ell < W \text{ であり、Alボイドの発生をほとんど抑える事のできるAl粒径の範囲は}$$

$$\frac{W}{4} < \ell < \frac{W}{1.5} \text{ となる。}$$

さらに、上記第1実施例によると第1のAl-Si配線103、第2のAl-Si配線105の下地材料としてそれぞれ第1のPSG膜102、第2のPSG膜104が形成されており、両者は酸化膜である事から第6図及び第7図に示すようにその上に形成するAl-Si合金の結晶面を主に(111)面に配向し易くなり、又、酸化膜は窒化膜と比較してその結合エネルギーが小さい為に容易にその結合を切断しAl原子と結合する事ができ、Al原子の有するエネルギーの消費が小さいのでその結晶粒径を大きくし易くなる。さらに、酸化膜は窒化膜と比較して内部応力が小さいのでAl-Si配線に与える応力も小さくなりAlボイドの発生をより低減できるという効果があ

る。第5図及び第7図は下地材料上に堆積したAl-Si配線の結晶面の違いによる屈折率の値を示すグラフであり、下地材料として第6図(a)ではプラズマCVD法により形成される窒化膜P-SiN、第6図(b)はCVD法により形成されるシリコン窒化膜Si₃N₄、第7図(a)はCVD法により形成されるPSC膜、第7図(b)はCVD法により形成されるBPSC膜である。第6図(a)、(b)に示す窒化膜では1nm/1...の値がそれぞれ0.6、0.58であるのに対し、第7図(a)、(b)に示す酸化膜では比較的大きくそれぞれ2.1、1.2であり、下地材料が酸化膜であれば(111)面に配向し易い事がわかる。尚、酸化膜としては限定される事なくCVD法によるSiO₂膜、プラズマCVD法により形成される酸化膜等であってもよい。

次に、本発明の第2実施例を第2図の半導体装置の断面図を用いて説明する。尚、第1図の構成要素と同一の製造方法にて形成可能な構成要素には同一符号を付してその詳細な説明は省略する。

の材料は窒化膜であり、この窒化膜を下地材料として第2のAl-Si配線が形成されるが、本実施例においてはその窒化膜としてのP-SiN膜1041上にPSC膜1042を形成しており、そのPSC膜1042を下地材料として第2のAl-Si配線105を形成しているのので上述したようにAl-Si配線105を形成しているのので上述したようにAl-Si合金の結晶面を主に(111)面に配向し易くなる等といった効果がある。

次に、本発明の第3実施例を第3図の半導体装置の断面図を用いて説明する。本実施例においては、第1のAl-Si配線103、及び第1のPSC膜102上に薄膜のシリコン窒化膜(Si₃N₄)1043を形成し、この時存在する凹部に、エタノール及びSiO₂を主成分とするスピノングラス(SOG)1044を塗布し、その後熱硬化する。そして、その上にPSC膜1045を形成し、コンタクト部を部分的に除去し、第2のAl-Si配線105を形成する。そこで本実施

本実施例においても第1のAl-Si配線103は上述したように結晶面が主に(111)面に配向するように、そして、その粒径が線幅の1/2乃至1/1.5の範囲内になるように形成されている。

本実施例はアスペクト比の大きいものに採用すると有効なものであり、第1のAl-Si配線103、及び第1のPSC膜102上にプラズマCVD法によりP-SiN膜1041を形成し、レジストを塗布した表面を平坦化した後に全面をドライエッチングするといういわゆるエッチバックを行っており、さらにそのP-SiN膜1041上に例えばCVD法によりPSC膜1042を形成した後コンタクト部を部分的に除去して、上記第1実施例と同様に第2のAl-Si配線105を形成している。

そこで本実施例においても結晶面を主に(111)面に配向し又、その粒径を制御しているので上記第1実施例と同様の効果が得られるわけであるが、通常、エッチバックを行う場合、レジストとのエッチング速度を等しくする為にレジスト下

例のような構造においてもAl-Si合金の結晶面を主に(111)面に配向し、その粒径を1/2乃至1/1.5にする事により、又、第1、第2のAl-Si配線103、105の下地材料が酸化膜であるので第1実施例と同様の効果が得られる。

尚、本発明は上記第1乃至第3実施例に限定される事なくその主旨を逸脱しない限り種々変形可能であり、例えば、本発明のいうアルミニウム合金配線の成分は、その主成分がAlであればよく、従ってE-g u n法により蒸着されるアルミニウム配線、あるいはAl-Cu配線、Al-Si-Cu配線、Al-Si-Ti配線等であってもよい。又、上記実施例ではアルミニウム合金配線は2層配線であるが1層あるいは3層以上の配線構造でもよい。

〔発明の効果〕

以上述べた様に、本発明によると、その結晶面を主に(111)面に配向しているのので、内部応力の緩和の為のAl原子の移動を抑制し、Alボ

イドの発生を低減できる。

又、その粒径を調整する事により、よりAとボイドの発生を低減できるので、酸蝕化した際にも良好なアルミニウム合金配線を提供できるという優れた効果がある。

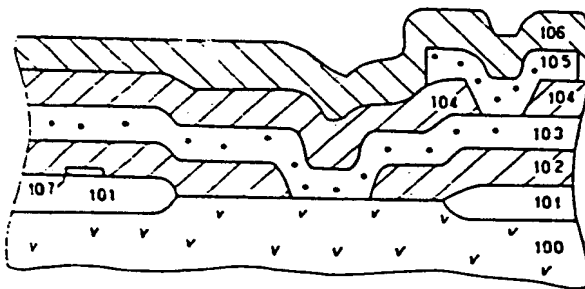
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の第1実施例を説明する為の半導体装置の断面図、第2図は本発明の第2実施例を説明する為の半導体装置の断面図、第3図は本発明の第3実施例を説明する為の半導体装置の断面図、第4図(a)乃至(c)は結晶面の配向性による屈折強度の大きさとその時のボイド率 ν の値をあらわすグラフ、第5図(a)乃至(c)、第6図(a)及び(b)、第7図(a)及び(b)は結晶面の配向性による屈折強度の大きさをあらわすグラフ、第8図は I_m/I_{abc} とボイド率 ν の関係をあらわすグラフ、第9図はAと粒径とボイド率 ν の関係をあらわすグラフ、第10図はディフракトメーターの模式的上面図、第11図はボイド率を説明する為の斜視図

である。

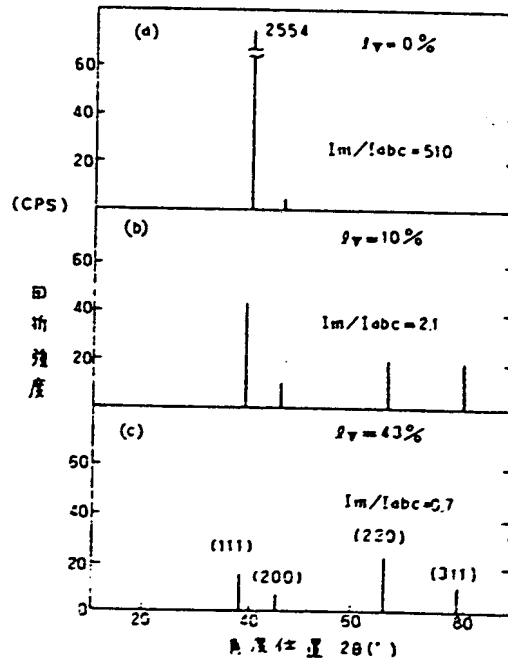
100…シリコン基板、101…LOCOS、102…第1のPSG膜、103…第1のAl-Si配線、104…第2のPSG膜、105…第2のAl-Si配線、106…表面保護膜、1041…P-SiN膜、1042…PSG膜、1043…シリコン窒化膜、1044…SOG、1045…PSG膜。

代理人弁理士 岡 部 隆

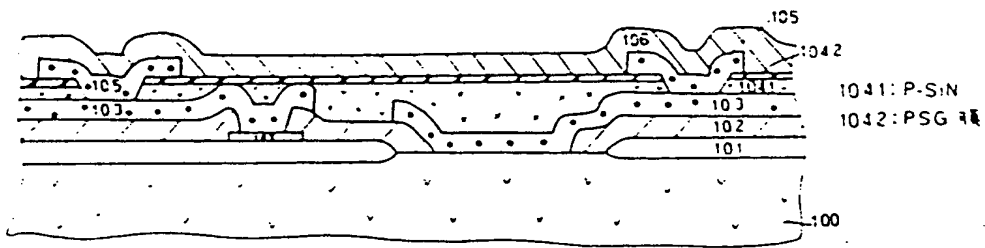


100:シリコン基板
101:Locos
102:第1のPSG膜
103:第1のAl-Si配線
104:第2のPSG膜
105:第2のAl-Si配線
106:表面保護膜

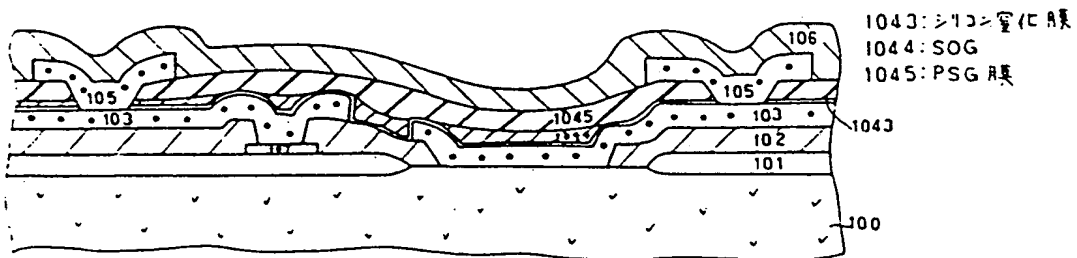
第1図



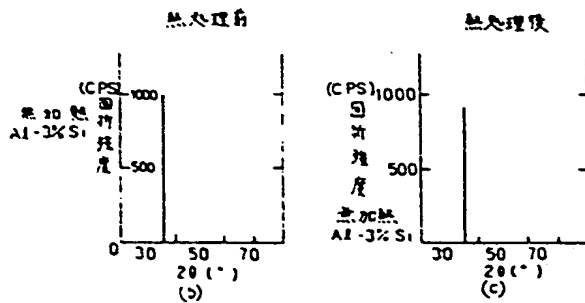
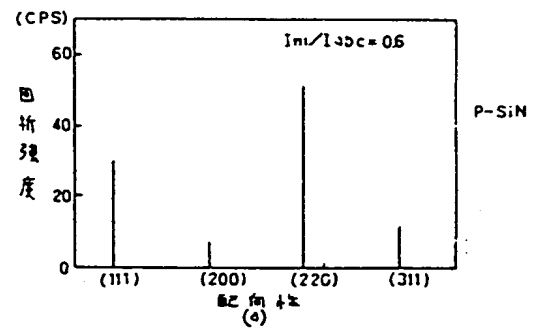
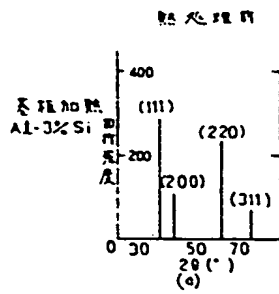
第2図



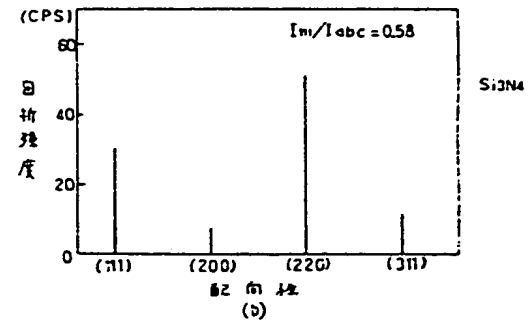
第 2 図



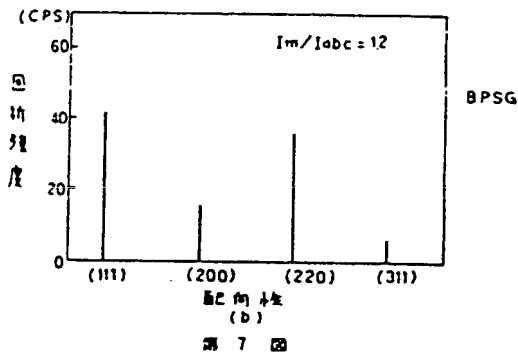
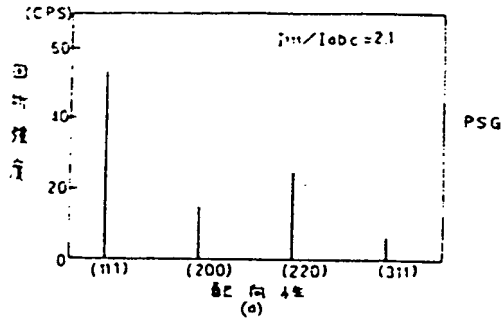
第 3 図



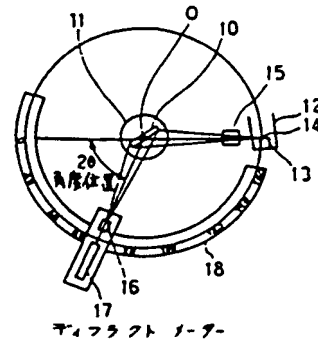
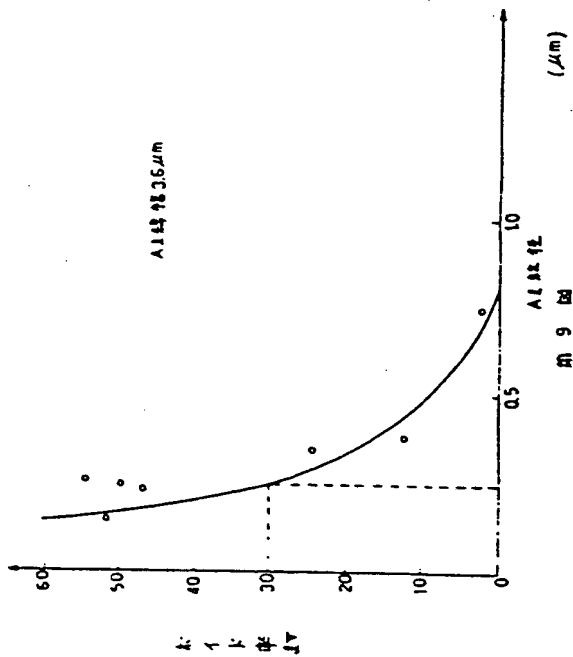
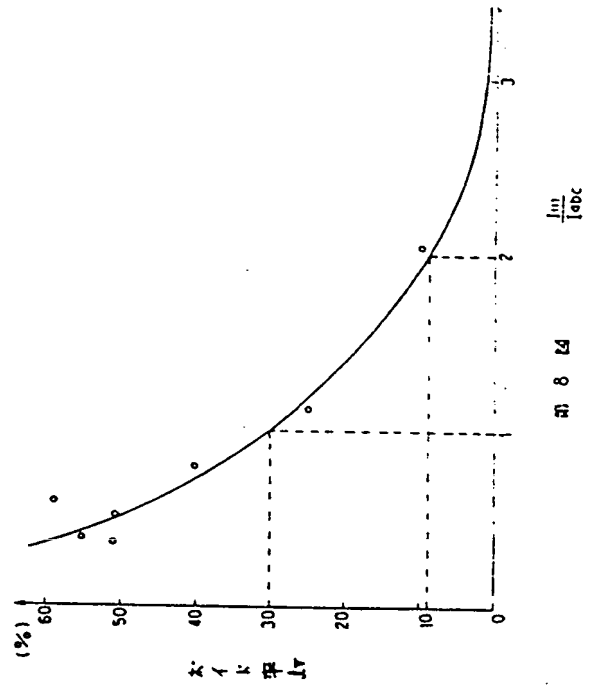
第 5 図



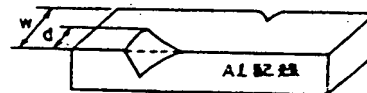
第 6 図



第 7 図



第 10 図



第 11 図

特開昭63-152147(9)

手続補正書(方式)

手続補正書(自発)

昭和62年 4月27日

昭和62年 4月27日

特許庁長官 宛

特許庁長官 宛

1 事件の表示

1 事件の表示

昭和61年特許第300725号

昭和61年特許第300725号

2 発明の名称

2 発明の名称

アルミニウム合金配線

アルミニウム合金配線

3 補正をする者

3 補正をする者

事件との関係 特許出願人

事件との関係 特許出願人

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(426) 日本電装株式会社
代表者 田中太郎

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(426) 日本電装株式会社
代表者 田中太郎

4 代理人

4 代理人

〒448 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
日本電装株式会社内
(7477) 弁理士 岡部 隆
(電<0566>22-9189)

〒448 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
日本電装株式会社内
(7477) 弁理士 岡部 隆
(電<0566>22-9189)

5 補正命令の日付

5 補正の対象

発日 昭和62年 3月31日

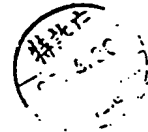
6 補正の対象

明細書の図面の簡単な説明の欄

明細書の発明の詳細な説明の欄及び図面

7 補正の内容

明細書の第19頁第11行に「第4図(a)乃至(c)は」とあるのを、
「第4図は」に訂正します。



6 補正の内容

A. 明細書を以下の通り補正します。

(1) 第10頁第2行に「第4図(a)が上記第1実施例」とあるのを、「第4図の上段が上記第1実施例」に訂正します。

(2) 第10頁第19行に「第4図(a)の」とあるのを、「第4図の上段の」に訂正します。

(3) 第11頁第11行に「第4図(b)は」とあるのを、「第4図の中段は」に訂正します。

(4) 第11頁第16行に「第4図(c)は」とあるのを、「第4図の下段は」に訂正します。

B. 図面の第4図を別紙の通り訂正します。

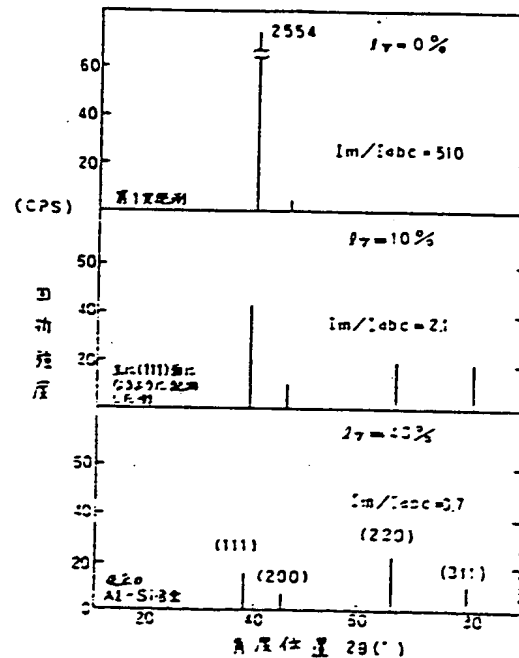


図 4 2